

# 「ちきゅう」による東北地方太平洋沖地震源掘削で 設置予定の孔内観測装置について

正 員 難 波 康 広\* 正 員 許 正 憲\*

Borehole Observatory System Installed in Tohoku Earthquake Zone with  
the Deep-sea Drilling Vessel Chikyu

by Yasuhiro Namba, Member Masanori Kyo, Member

**Key Words:** Borehole Observatory System, Tohoku Earthquake, Chikyu, IODP, Fault

## 1. 緒 言

平成 23 年 3 月 11 日、東北地方太平洋沖地震が発生し、東北地方一帯に大きな被害をもたらした。この大地震震源域に出来るだけ早く科学のメスを入れ、地震発生メカニズムを把握することは、科学における急務である。

このため海洋研究開発機構では、地震発生直後から震源域での海底地形や地下構造の調査を進めてきた(小平ら<sup>1)</sup>。例えば富士原ら<sup>2)</sup>は、震源・津波波源域で地震前後の海底地形を比較して、日本海溝軸陸側斜面最外側部が東南東方向に約 50m、平均 7~10m 上方に移動したことを報告している。また、中村ら<sup>3)</sup>は津波波源域の地下構造を把握するため、地震発生後複数回にわたって反射法地震探査を行い、地震前後での地下構造変化に関する調査を実施している。

このような、一連の震災対応調査の一環として、地球深部探査船「ちきゅう」により当該震源域付近を掘削し、その孔井からコアを回収し、あるいは孔井内で温度及び圧力を計測することによって、地震時に活動した断層における動摩擦係数の推定や、地震によってどの程度のひずみが解放されたのか等、地震発生メカニズムの解明を目指したプロジェクトが進行中である<sup>4)</sup>。

掘削予定地点を Fig.1 に示す。掘削予定地点には 2 つの孔井を掘削し、第 1 孔では物理検層 (Logging While Drilling : LWD) を実施し、第 2 孔ではコアの回収を行う。第 1 孔、第 2 孔とも、水深は約 7,000m、掘削孔の海底下深度は約 1,000m である。掘削後のこれらの孔内には、観測装置を設置し、今回の大震災で活動した断層に残された痕跡を観測する予定である。

本稿では、本年 4 月 1 日より開始された東北地震源掘削計画 (Japan Trench Fast Earthquake Drilling Project : JFAST) で設置される観測装置の概要について紹介する。

## 2. 第 1 孔における観測システム

第 1 孔における観測システムの概要図を Fig.2 に示す。

第 1 孔では、MTL (Miniature Temperature Logger) と称する自己記録型の小型温度計を設置する。一部の MTL は圧力計も備えている。

\* 海洋研究開発機構 地球深部探査センター

原稿受付 平成 24 年 4 月 6 日

春季講演会において講演 平成 24 年 5 月 17, 18 日

©日本船舶海洋工学会

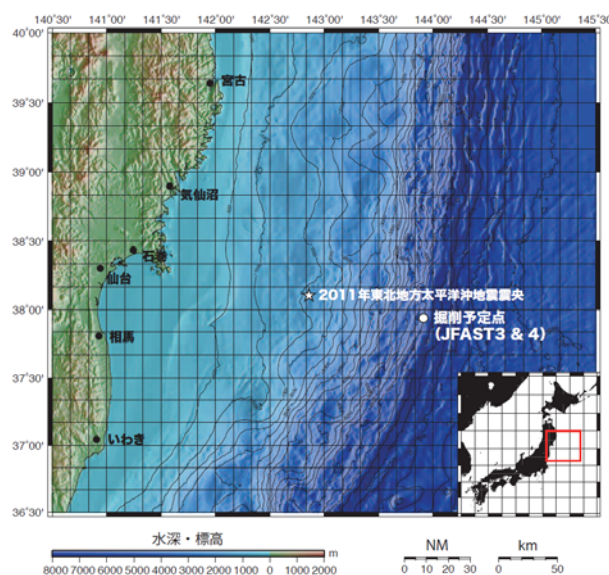


Fig.1 Site Location.

## 2.1 孔井の構造

観測システムを設置する孔井の構造としては、水深 6,910 メートルの海底面下に内径 8-1/2 インチ、深さ約 1,000 メートルの孔を掘削し、この中に 4-1/2 インチのケーシングを設置する。ケーシング最下部にはチェックバルブが設けられ、ケーシング設置作業中の流体噴射を可能としつつ、観測時には温度計測の影響を与える可能性のある、ケーシング外部から内部への流体の流入を防ぐ構造とする予定である。

## 2.2 センサーの配置

上述のケーシング内に直径 10 ミリメートルのロープ 7 本を縦につないで吊り下げる。同ロープには合計で 55 か所にアイが設けられ、これらのアイに取り付ける形で、Table 1 に示す MTL (a)あるいは(b)のセンサーを設置する。ここで、MTL(a)は RBR 社製の小型温度計であり、25 個を設置する。このうち 10 個は、温度計測と同時に圧力計測も可能である。一方 MTL(b)は Antares 社製の小型温度計を表し、30 個が設置される。

55 か所のアイは、アイ同士の距離が最短で 2 メートル程度、最長で 100 メートル程度となるように、ある部分で最も密に、その周囲で次第に疎となるような密度分布で取り付けられており、物理検層時に得られたデータをもとに、観測対象となる断層位置を特定し、この断層位置でセンサーの密度がもっとも高くなるようにする。

### 2.3 センサーの回収

ロープ上端には MTL ハンガーと呼ばれる部材を取り付け、これを海底面上構造物に引っ掛ける形で固定する。ハンガー上部には ROV のフック用に穴が設けられ、将来的には ROV のフックをこの穴に引っ掛けて、ロープごとセンサーを回収する予定である。

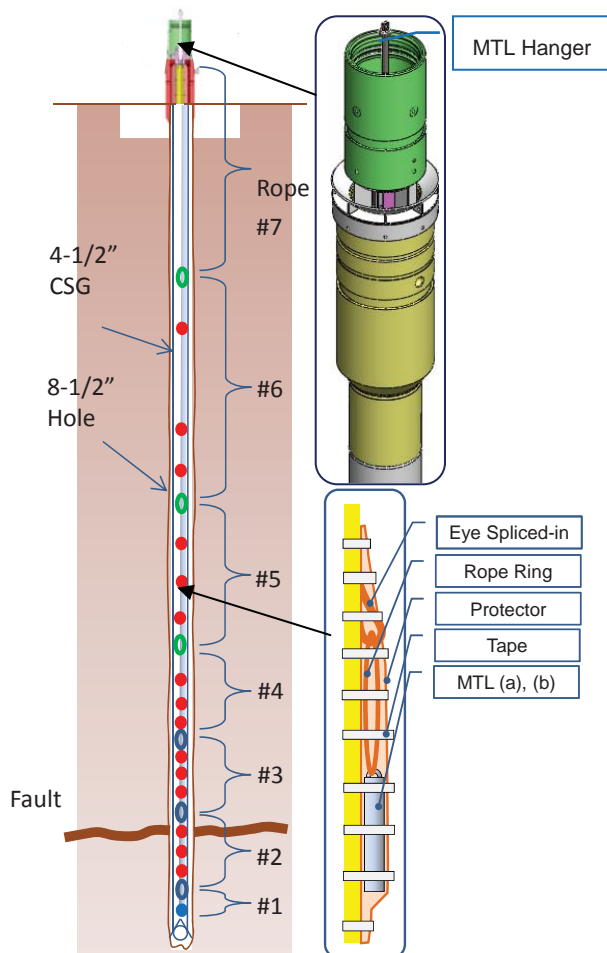


Fig. 2 A schematic diagram of the observatory system in the #1 well.

Table 1 Principal dimension of MTL sensors.

MTL	(a)	(b)
Manufacturer	RBR	Antares
PN	TDR-2050 Ti	185* (Deep Water) Temperature Data Logger
Quantity	25 (10 of these have pressure sensors as well.)	30
W in air (gf)	550	200
W in water (gf)	220	
OD (mm)	38	20
L (mm)	270	190

なお、上述の7本のロープ間は金属製リングあるいは、ロープ同士を結ぶことによって接続する予定であるが、一部(2か所あるいは3か所程度)ウィークリンクを使用する。これは、現場の断層が震災後も活動を続けており、システム設置後回収までの間にシステムが孔井内に抑留された場合を考え、観測システムの一部だけでも回収できるようにするためである。

### 3. 第2孔における観測システム

第2孔における観測システムの概要図を Fig.3 に示す。第2孔では、サーミスタを内蔵した電気ケーブル(サーミスタストリング)、ブリッジ回路と AD 変換器からなる計測部、ロガー・バッテリーユニット、音響通信部から構成される温度計測システム及び圧力ポート、圧力伝達管、圧力センサーからなる圧力計測システムを設置する。

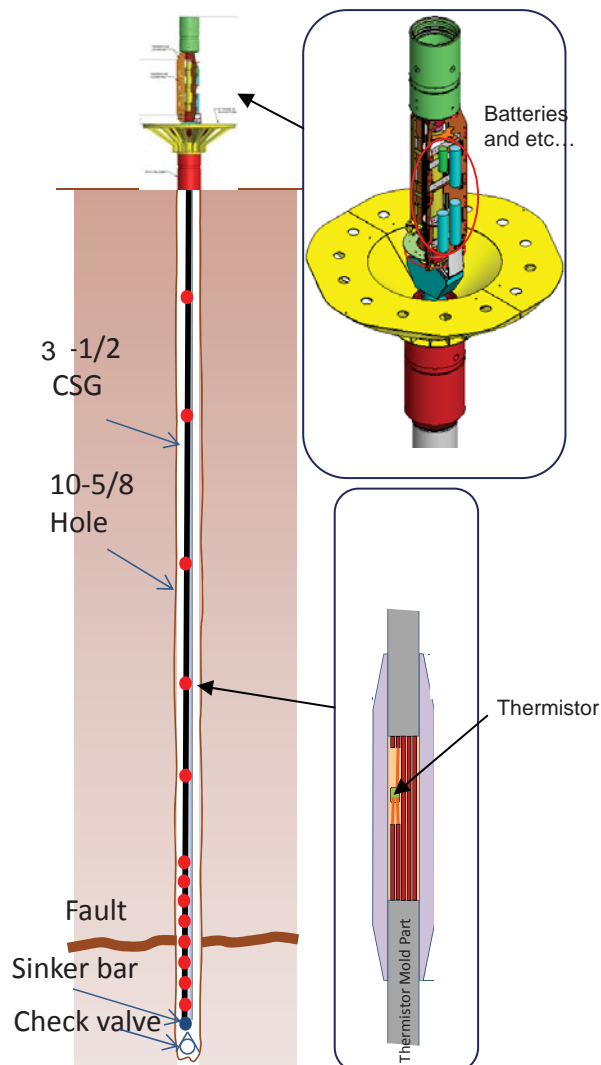


Fig. 3 A schematic diagram of the observatory system in the #2 well.

#### 3.1 孔井の構造

第2孔は、海底面下に内径 10-5/8 インチ、深さ約 1,000 メートルの孔を掘削し、この中に 3-1/2 インチのケーシングを設置する。ケーシング最下部には第1項と同様の目的でチェックバルブが設けられる。

#### 3.2 センサーの配置

上述のケーシング内にサーミスタストリングを吊り下げる。同ストリングには合計で 21 個のサーミスタと 2 個の基準抵抗を内蔵する。第1孔の観測システムと同様に 21 か所のサーミスタは、ある部分で最も密に、その周囲で次第に疎となるような密度分布で取り付けられており、観測対象となる断層位置近辺でセンサーの密度がもっとも高くなるように取り付けられる。Table 2 にサーミスタストリング(サーミスタケーブルとサーミスタを合わせ

た呼称)の仕様を示す。

同時にケーシング外には2本の圧力伝達用水管が取り付けられ、断層近辺及びその100メートル上部に圧力ポートを設ける。圧力伝達管で伝達された圧力は、海底面上構造物に取り付けられた圧力センサーでデジタルデータに変換され、ロガーにて保存される。

Table 2 Specifications for the thermistor string.

	Items (Unit)	Specification
As the whole system	Temperature Range (deg C)	0 to 60
	Resolution (deg C)	0.001
	Accuracy (deg C)	0.01
	Sampling Interval (min)	10 to 60
	Period for Measurement (year)	4 (w/o swapping of batteries)
String itself	OD @ cable (mm)	20
	OD @ thermistor (mm)	About 35
	L @ thermistor (mm)	350
	Weight in air (kg/km)	340
	Weight in water (kg/km)	16.19
	Tensile strength (kgf)	600
	Material of strength support	Kevlar
	Number of conductors	27
	Resistance of conductor ( $\Omega$ /km)	<100
	Conductor section (mm <sup>2</sup> )	0.2
	Total Length (m)	1100
	Minimum bending radius (mm)	400 (200 w/ no-load)

### 3.3 データの回収

第2孔の温度観測システムにおけるデータの回収は、次の3つの方法で可能である。

- (1) ROV によるロガー自体の回収
- (2) ROV 経由の有線通信による回収
- (3) 音響通信による回収

一方第2孔の圧力観測システムにおけるデータの回収は、上記のうち(1)と(3)の手法を準備している。

このように第2孔では複数のデータ回収手法を用意することで、回収の成功率上昇を狙うとともに、成果をあげるとともに、第1孔の観測装置と併せて、全体で冗長性を持った観測システムとしている。

## 4. 結論

本稿では、本年4月1日より開始された東北地震源掘削計画 (JFAST) で設置される観測装置の概要について紹介した。

第1孔・第2孔いずれの観測システムにおいても、温度及び圧力の計測が行われ、地震で活動した断層近辺における温度の空間的、時間的分布のデータを取得することによって、例えば地震時に発生した摩擦熱、解放された歪量の推計をめざしている。本プロジェクトの結果得られる新しいデータは、これまで震災前後に実施された海底地形調査や地震波探査の結果と統合することによって、東北地方太平洋沖地震の地震発生メカニズムの解明に大いに役立つものと期待される。

## 謝 辞

本プロジェクトは、統合国際深海掘削計画 (IODP) 第343次研究航海として行われるものである。IODPの中央管理組織であるIODP-MI及び、文部科学省、米国立科

学財団(NSF)、その他加盟各国の関係機関及び関係者のご努力に感謝の意を表する。

## 参 考 文 献

- 1) 小平秀一他：2011年東北沖地震震源域での緊急調査の結果と今後の展望、ブルーアース 2012 要旨集, 2012, p.15.
- 2) 富士原敏也他：2011年東北地方太平洋沖地震前後の海底地形調査から明らかになった海底変動、ブルーアース 2012 要旨集, 2012, pp.16-17.
- 3) 中村恭之他：東北地方太平洋沖地震震源域(宮城沖)における緊急反射法地震探査、ブルーアース 2012 要旨集, 2012, p.18.
- 4) Jim Mori *et.al.* : Japan Trench Fast Earthquake Drilling Project (JFAST). *IODP Sci. Prosp.*, 343. doi: 10.2204/iodp.sp.343.2012., 2012, pp.3-14.